

农村电网线损管理研究

周 轩¹, 邹 未², 尚茂黎¹, 康 驰¹, 潘可佳¹

(1. 乐山电业局, 四川 乐山 614000; 2. 自贡电业局, 四川 自贡 643000)

摘 要: 主要针对目前农村电网线损管理中存在的问题进行分析, 提出了一套比较详尽的线损管理办法和降损的技术措施, 在现有的电网状况下最大限度地降低农村电网线损, 从而进一步提高供电所的线损管理水平。

关键词: 线损管理; 技术措施; 农村电网

Abstract: The current problems which exist in line loss management of rural power grid are analyzed. A set of relatively comprehensive technical measures is put forward for line loss management and loss reduction, which can reduce the line loss of rural power grid to the full extent and enhance the line loss management level of power supply bureau.

Key words: line loss management; technical measures; rural power grid

中图分类号: TM714.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)04-0080-05

线损管理是农村供电所在生产技术管理、经营管理中的关键环节, 直接影响到供电企业的经济效益, 是供电企业的一项重要经济指标。随着农网改造和新农村电气化建设改造工程的深入开展, 农村电网状况已经得到了很大的改善, 农村线损也大幅度降低, 但与此同时, 供电所的线损管理也出现了滑坡、放松的现象。如何在现有的电网状况下最大限度地降低农村电网线损, 进一步提高供电所的线损管理水平, 是当前摆在每一个农电工作者面前的重要课题。

1 问题提出

目前农村电网线损管理中存在的主要问题如下。

(1) 农村配电变压器分布不合理。虽然通过农网改造和新农村电气化建设改造工程, 农村电网新安装了許多大容量的变压器, 解决了部分地区电压低、供电能力不足的问题, 但许多老式的变压器仍然在坚持运行。再加之农村用电负荷受季节性影响变化大, 且用电负荷集中不易调配, 从而形成了有些地区变压器超负荷运行, 有些地区变压器大马拉小车的现象。

(2) 农村用户管理不够规范。在农村, 100 kVA 以上的专用变压器用户基本上都没采用自动无功补偿装置, 也没有进行地方调度电费考核, 在管理上存在漏洞。由于用户未进行无功补偿, 线路无功电流太大, 线损增加。

(3) 农网改造虽然改善了农村电网的状况, 但仍

然有相当一部分低压线路供电半径过大, 末端负荷较重, 依然存在用电高峰时末端电压过低不合格的情况。

(4) 供电所对抄表管理上不规范, 抄表人员责任心不强。供电所对抄表人员的抄表质量缺乏有效的监控, 抄表人员的随意性很强, 在抄表中经常出现错抄、漏抄、估抄的现象, 供电所也没有及时发现更正。

(5) 抄表时间不统一。由于内部管理问题, 呈现出大宗用户、10 kV 关口表计、台区关口表计和居民表计抄表时间上的不统一, 致使线损受时间差影响较大, 不能准确地进行线损分析。

(6) 线路巡视不到位。线路巡视人员责任心不强, 没有很好地履行定期巡线制度, 供电所也缺乏相应的监督机制, 线路出现漏电情况后不能及时地发现处理。

(7) 用电检查工作开展不到位。供电所往往忽略了用电检查的重要性, 再加之农村面广, 用户法律意识不强, 村电工怕得罪人, 供电所检查不到位, 用户经常通过一些比较简单的窃电方式进行窃电。

(8) 三相负荷不平衡。由于农网多采用三相四线制供电方式, 农村点多, 面广, 在电网规划设计上没有很好地考虑到农村负荷的增长, 在业务扩充受理时也没考虑到变压器三相负荷合理分布, 导致农村台区变压器三相负荷不平衡, 中性线中有电流通过时增加中线电能损耗。

(9) 线损分析不深入。供电所往往忽略了对农

村线损的分析,分析的原因也主要是从客观的电网状况上去分析,而没有在现有电网状况的基础上开展技术分析。而且大部分地区都没有安装电压监测仪、数据采集仪等设备,对线路的运行状况不了解。

2 具体措施

加强线损管理,就是要从管理和技术两个层面来加强,建立一套系统化的线损管理体制,再配以技术做支撑,实现线损管理的规范化、常态化管理。

2.1 管理措施

2.1.1 加强考核力度,建立线损管理档案

制定和完善《线损工作目标及考核办法》,把线损率高低列入供电所和农村电工考核目标之中,直接与其工资、奖金挂钩,实行奖惩分明,使各级人员充分意识到线损考核的危机感和紧迫感,从而变“要我降损”为“我要降损”,主动地想办法工作;通过理论计算能够找出电网中的薄弱环节,突出降损重点,实施降损措施。供电所建立健全纵向到底、横向到边的线损管理网,形成自上而下的管理网络,使线损管理工作在组织上有最可靠的保证。建立线损管理责任制,实现线损的常态管理。

2.1.2 定期召开线损分析会,完善线损统计分析

每月进行一次分压、分线、分台区线损统计、分析工作,每季度召开一次线损分析会议,对下达的指标及完成情况逐月分析,对存在问题提出解决措施,布置今后任务,实现“有指标、有考核、有措施、有兑现”的闭环管理。对于线损高的要认真查找原因,对症下药,提出下一步解决的办法;对于线路运行良好,线损稳中有降的线路,要善于总结经验加以推广,以达到相互学习、相互促进之目的。在下一线损分析会上进行对照检查,看其措施是否落实,效果如何。

2.1.3 规范抄表管理,加强计量管理

(1)抄表要到位,杜绝估抄、漏抄及错抄等现象。一是在抄表时应了解用户的生产经营状况,二要将用户抄表卡的有关数据,例如:表号、生产厂家、电表容量、电表指数等,与现场认真核对,力争抄表率达 100%,减少电量损失,保障线损的平稳。

(2)按规定的日期进行抄表,严禁提前或滞后,必须做到抄表同步。杜绝因抄表时间差而造成线损波动。坚持同步抄表制度,消除时间差线损,减少线损误差率。

(3)对用户电能表要实行统一管理,建立台帐。统一按周期进行修、校、轮换,提高表计计量的准确性。此外,要积极推广应用新型电能表或长寿命电能表,坚决淘汰高能耗电能表。加强计量装置的配置管理,根据客户的设备容量、负荷性质和变化情况,科学地配置计量装置,提高计量准确性。利用农网改造,对农村居民生活的计量装置采用集中管理,移至屋外安装,将多户电能表集中在计量箱内,这样既便于管理又防止窃电。

2.1.4 强化线路的巡视管理制度

加强所辖 10 kV 线路巡视工作。要对所辖 10 kV 线路不定期组织巡视工作,并且考核到人。在巡视工作中,巡视人员要逐杆进行,检查线路有无杆歪担斜,绝缘子有无损伤、污秽现象,跳线是否牢固,有无打火现象,10 kV 线路通道有无树障,拉线是否完整等。巡视中发现的隐患、缺陷要及时处理,及时消除。加强配电设备、配电线路维护,减少泄漏电。清扫绝缘子,测量接头电阻,及时消缺。合理安排设备检修。做到计划性,减少临时检修,尽可能做到供、用电设备同时检修、试验。

2.1.5 定期开展营业普查工作

针对线损分析中发现的典型台区,定期不定期地开展营业普查,尤其是对高损线路或是有窃电记录的用电客户作为打击窃查的重点对象。营业普查以查偷漏电、查电能表接线和准确度,查私增用电容量为重点。大力开展电力法规政策的宣传,使用电客户享受到用电的权力和交费的义务。严重杜绝私拉乱接和窃电现象,让农民群众携起手来打击犯罪,保护电力设施的完好率。对新装的专用变压器用户,应配备和改进专用高压计量箱,合理匹配电流互感器变比,提高计量准确度。对用电量波动较大的用户,应定期对其进行各种参考量(产量、产值、单耗等)的对比分析,发现问题及时处理。

2.1.6 加强专业培训,实行动态管理

农村电工面向千家万户,接触乡里乡亲,工作不易开展,“人情电”、“权力电”现象时有发生,致使线损升高。可利用座谈会、广播、报纸等大力宣传用电政策,做好用户和农村电工的思想工作。让农村电工打开情面,端正工作态度,避免计量装置误装、电能错算现象,树立“人民电业为人民”的思想,把线损降下来。同时在管理形式上,实行装表到农户,抄表开票到户。加强农电人员线损管理培训,全面掌握线

损管理所需要的基本方法,并能从技术线损和管理线损两方面入手,提出有效的降损措施。加大指导和督促供电所开展线损管理力度,帮助总结上阶段工作情况,查找存在问题,进行分析、研究,制定整改措施,实现线损管理的闭环控制。开展末位淘汰制的动态管理。每年根据各项考核指标重点是低压线损完成情况,并结合民主测评,对完成指标的责任人进行奖励,对未能完成指标的责任人进行待岗、转岗处理。

2.2 技术措施

2.2.1 合理选择节能型配电变压器,提高配电变压器的负载率

一是对新装的变压器要尽量采用节能型配电变压器,而且在方案设定时应考虑 5~10 年的负荷状况。对原有的变压器,利用农网改造的时机,尽量采用节能型配电变压器,淘汰老型号变压器。二是通过变压器间的合理调配,实现配电变压器的经济运行。负载率在额定容量 50%~70% 时,配电变压器处于经济运行状态,效率高,损耗低。农村电网负荷率低,铁损占农网线损的比重加大,一般负荷在配电变压器容量 65%~75% 时效率最高,低于 30% 就属于“大马拉小车”。

2.2.2 提高配电电压,降低可变损耗

在负荷比较大的情况下,在额定电压的上限范围内适当提高运行电压可以显著地降低线损。

配电变压器的铁损(固定损耗)是与电压的平方成正比。

$$\Delta P_0 = (U/U')^2 P_0 \quad (1)$$

式中, U ——运行电压, kV;

U' ——运行分接头电压, kV;

P_0 ——变压器空损, kW。

可见: $\Delta P_0 \propto U^2$ 。

配电变压器的铜损(又称变损)是与电流的平方成正比。

$$\Delta P_k = (I/I_n)^2 P_k \quad (2)$$

式中, I ——通过变压器的电流, A;

I_n ——变压器额定电流, A;

P_k ——变压器短损, kW。

可见: $\Delta P_k \propto I^2$ 。

而在配电线路的损耗为

$$\begin{aligned} \Delta P_L &= 3 I^2 R \times 10^{-3} \\ &= (S^2 / U^2) R \times 10^{-3} = [(P^2 + Q^2) / U^2] R \times 10^{-3} \quad (3) \end{aligned}$$

式中, R ——线路电阻, Ω ;

S, P, Q ——通过线路的视在、有功和无功功率, kVA, kW, kvar;

可见: $\Delta P_L \propto I^2$ 。

因此,在负荷和元件电阻不变条件下,适当提高配电网的电压后,可以减少通过电网元件的电流,从而降低电网的可变损耗 ($\Delta P_k + \Delta P_L$)。下面以电压提高后线路可变损耗的降低进行分析。

表 1 农村电网电压提高后的降损效果

| 电压提高 | 可变损耗降低 | 不变损耗增加 | 总损耗降低 |
|------|--------|--------|---------|
| 1 | 2.0 | 2.0 | 0.8~1.0 |
| 3 | 5.7 | 6.0 | 2.2~2.8 |
| 5 | 9.0 | 10.0 | 2.5~3.0 |
| 7 | 12.4 | 14.5 | 4.3~5.7 |
| 10 | 17.4 | 21.0 | 5.9~7.7 |

2.2.3 调整网络结构,缩短供电半径

制定按期发展建设的电网规划,确保电网的安全与经济运行。利用农网改造和新农村电气化建设的契机,有针对性地解决供电半径过长的问题。通过架设新的输配电线路,改造原有线路,加大导线截面,调节变压器档位等方式,缩短供电半径,提高末端电压,消除“卡脖子”现象。

线路可变损耗 $\Delta P_L = 3 I^2 R \times 10^{-3}$, 在输送相同容量负荷情况下,较粗的导线损耗较少。目前农网改造中,新架设的 10 kV 主干线一般采用 LGJ-95 和 LGJ-120(电缆为 YJV₂₂-3×240), 分干线采用 LGJ-50(电缆为 YJV₂₂-3×150); 低压干线一般采用 BVV-95(电缆为 VV₂₂-3×240+120), 分干线采用 BVV-70 和 BVV-50(电缆为 VV₂₂-3×120+70)。部分农村线路线径截面小、负荷重、高损耗设备多,致使农网线损电量占整个损失电量比例大。根据这些情况,除抓紧网架建设、强化电网结构外,还应按农村配电网发展规划,有计划、有步骤地分期分批进行农电设施的技术改造,而第一步工作就是更换农网残旧线路和小截面线路。

2.2.4 实行黄绿红管理模式,保证三相负荷平衡

所谓黄绿红管理模式,是指在农网改造的设计之初,就把台区负荷按黄绿红三相均衡分布,并标注黄绿红三色,并对已改造的台区开展负荷测试,对台区负荷及时调平,从而减少台区变压器损耗。

农村台区管理一直存在线路负荷分配不平衡、台区计量装置配置不合理、用户用电相序不清等问题。因此,在农网改造项目的设计之初,就要将负荷均衡分布纳入线路设计中。经过对用户年用电能量的统

计和分析, 施工设计人员在线路设计图上准确地将每一条线路、每一个用户的用电相序用“黄、绿、红”三色清楚地标注在设计图上, 并要求施工人员照图施工, 保证供电台区的负荷分配合理、平衡。

农村电网目前一般采用的配电变压器为 Y/Y₀-12 接线方式, 中性点直接接地, 由于低压用户负荷变化较大, 容易造成配电变压器三相电流不平衡, 在中性线上产生电流。三相负荷不平衡度越大, 产生的中性线电流也越大, 电能损耗也随之增加。一般要求配电变压器低压出口电流不平衡度不超过 10%, 低压干线及主要支线始端的电流不平衡度不超过 20%, 超过此限则应进行迁移调整负荷工作, 使不平衡度降下来。在农网改造中, 重新调整部分低压台区负荷, 使三相负荷趋于平衡; 在日常运行中, 应定期进行公用配电变压器的三相负荷测定, 并根据低压负荷季节性变化较大的特点, 在换季和负荷高峰期严密监测, 对三相不平衡线路及时进行调整和转移负荷工作。

2.2.5 抓漏电保护器安装, 杜绝线路漏电损耗

农村高低压电网大规模的改造工程, 对电网结构进行了重新规划和布局, 农村低压网络的设施设备状况得到了明显改善, 电网健康水平、供电能力、供电可靠性和网络绝缘强度等均得到了大大提高。同时, 农电体制的改革, 也为电网的安全、稳定、经济运行提供了强有力的组织保证。但是, 随着农村经济的迅速发展和农民生活用电的急剧增长, 对供电可靠性、安全性的要求愈来愈高, 特别是农村人身触电伤亡事故和由漏电引起的电气火灾及家用电器、设备烧坏事故时有发生。客观上要求漏电保护方式不能因一户发生故障或事故而造成部分或全网停电。因此, 在农村电网中, 漏电保护器在低压配电系统中被广泛采用。

在现行采用的三相四线制中性点直接接地系统和单相制工作零线 N 线与保护地线 PE 线合一的接零系统的低压电网中, 必须全面推广配电变压器负载侧、主干(分支)线路侧、用户末端侧三级分级漏电保护。

(1) 配电变压器负载侧保护。它应作为变台供电的总保护(一级保护), 安装在配电变压器的低压总电源侧。宜采用带分励脱口器的低压断路器。保护器的额定动作电流应尽量选小, 但也应能躲过低压电网的正常泄漏电流。一般选用额定动作电流 75 mA、100 mA、15 mA 三档可调式为好, 其最大动作(分断)时间不应超过 0.2 s。

(2) 主干(分支)线路侧保护。它是防止主干(分支)线路到用户末端侧保护器之间直接接触的触电伤亡事故的二级保护(中级保护), 也可作为末级保护器的后备保护。安装在主干(分支)线路集装箱配电箱内电源刀闸的电源侧。宜采用剩余电流、短路及过负荷保护功能的保护器。保护器的额定动作电流应小于总保护额定动作电流值, 并界于总保护和末级保护器动作电流之间, 一般选用额定动作电流 45 mA、60 mA、75 mA 三档可调式为好, 其最大动作(分断)时间应大于 0.1 s 不超过 0.2 s。

有条件的还可在分支线路侧设置分支侧保护。它是防止分支线路到用户末端侧保护器之间直接接触的触电伤亡事故的细分保护, 这样, 保护更细、更可靠, 最大好处是能更好地缩小停电范围。只是在整定额定动作电流和分断时间上增加了一定难度。

(3) 用户末端侧保护。它是作为城乡家庭单相用电内用于家人直接接触带电线路和带电家用电器的触电伤亡事故的三级保护(终极保护)。一般与单相刀闸配合使用, 并先接保护器, 再接室内总刀闸, 分支后接插家用电器。宜采用高灵敏度、快速型并具备带漏电、过压、过载短路保护功能的保护器。保护器的额定动作电流应小于主干(分支)线路侧保护额定动作电流值, 一般选用 30 mA 及以下额定动作电流, 特别潮湿、阴雨如浴室、卫生间等, 只能选用额定动作电流为 6 mA 的漏电保护器, 其最大动作(分断)时间不应大于 0.1 s。

2.2.6 实行就地补偿, 减少无功损耗

对于电力系统而言, 无功补偿有高压侧补偿和低压侧补偿两种方式。相比而言, 在低压侧进行补偿, 既可以减少变压器、输电线路等的损耗, 又可提高变压器、输电线路的利用率及提高负载端的端电压, 对用户而言更能获取较大的经济效益。

在低压侧装设补偿电容器, 用电负荷所需的无功功率由电容器直接提供, 可降低电网的总电流, 从而改善负荷侧的功率因数, 大大节省变压器及输电线路的投资。对于已有的电网, 也能够提高电网的出力。

$$i = \sqrt{I_p^2 + I_c^2}$$

式中, I ——视在电流, A;

I_p ——有功电流, A;

I_c ——电容电流, A。

减少输电线路及变压器的损耗:

$$P_n = 3I^2 \cdot R = 3I_p^2 \cdot R + 3I_c^2 \cdot R$$

式中, P_n ——有功功率损失;

R ——每项输电线路的电阻 (含输电线路及变压器), Ω 。

输电线路电阻: $R=KL/A$

式中, K ——电阻系数;

A ——导线截面积;

L ——导线长度, m 。

变压器电阻: $R=Y_k U^2/S_n$

式中, Y_k ——变压器短路阻抗, Ω ;

U ——系统电压, V ;

S_n ——变压器额定容量, kVA 。

增加变压器及输电线路的利用率。

所增加的利用率为:

$$(P_2 - P_1) / P_1 = [(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) - 1] \times 100\%$$

式中, $\cos\varphi_1$ ——改善前的功率因数;

$\cos\varphi_2$ ——改善后的功率因数。

提高系统的端电压减少系统的电压降:

$$du(\%) = Q_c / S_n \times X_k(\%)$$

式中, $du(\%)$ ——电压提高百分比;

Q_c ——补偿电容器的容量, $kvar$;

S_n ——变压器容量, kVA ;

$X_k(\%)$ ——变压器阻抗百分比。

在低压用户侧进行就地无功补偿,可以改善用户侧功率因数,减少配电网传送的无功功率,降低线路损耗。如表 2 功率因数提高后,线损将大幅度降低。

表 2 功率因数由 1.0 下降时损耗增加情况

| 功率因数 λ | 可变损耗 $\Delta P / \%$ | 功率因数 λ | 可变损耗 $\Delta P / \%$ |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1.00 | 0 | 0.75 | 78 |
| 0.95 | 11 | 0.70 | 104 |
| 0.90 | 23 | 0.65 | 136 |
| 0.85 | 38 | 0.60 | 178 |
| 0.80 | 56 | | |

在无功补偿方式上,主要采用电容分散补偿 (在用户侧)和集中补偿 (在变电站内)相结合、高压补偿和低压补偿相结合的方法。同时,对用户实行无功功

率考核和力率奖惩制度,可以有效地改善用户侧和线路的功率因数,减少无功损耗。但在实际工作中,依然存在一些问题。一是由于部分用户仍然使用单向计量的无功表计,不能计量反向无功,无法对其功率因数进行准确的考核。为了达到考核标准,用户人为加大了电容器的投入数量,导致无功功率倒送回电网,造成电压升高,损耗增加。二是用户侧缺乏管理。由于无功电量是随着负荷变化不断改变的,但有些用户仍然使用手动投切装置,自动化程度低,总体投运率不高,功率因数不稳定。对于以上两种情况,建议一是进行计量改造,安装多功能电子表,能双向记录无功电量,同时加大考核力度,使用户对功率因数引起足够的重视。二是加强无功补偿管理,在配电变压器低压侧安装无功自动补偿柜,使其可根据负荷的实际情况自动投切电容器组,达到提高变压器功率因数、减少配电损耗的目的。

3 结 语

线损管理的好坏直接反映了供电所的管理水平。在管理上,要做到有目标、有考核、有计划;在技术上,要做到有标准、有分析、有总结,逐步形成一套较为完善的闭环管理模式,建立常态管理,努力降损节能,为供电企业的进步和发展做出更大的贡献。

参考文献

[1] 鹿忠民. 小议降低农村电网线损的管理措施与技术手段 [J]. 中国科技财富, 2008, (7): 101.

[2] 高岩涛, 喻波, 郎宇宁. 农网无功就地平衡和降损的实践与探讨 [J]. 黑龙江电力, 2006, 28(5): 367-369.

[3] 李毅. 降低低压线损的技术措施 [J]. 农村电工, 2007, 15(3): 6.

[4] 王泽勇. 低压电网降损节能的几点技术措施 [J]. 农村电工, 2007, 15(3): 7.

(收稿日期: 2009-02-15)

(上接第 35 页)

[C]. Proceedings of 1998 IEEE International Conference on Evolutionary Computation IEEE World Congress on Computational Intelligence Anchorage USA, 1998: 69-73.

[12] 郭燕, 史丽萍, 赵学华, 史治水. 一种改进的混沌优化方法研究 [J]. 平原大学学报, 2008, 25(2): 142-143.

[13] 玄光南, 程润伟. 遗传算法与工程优化 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[14] Jamshidi M, Fathi M, Pierrot F. Intelligent automation and control [M]. Albuquerque NM: TSI press 1996.

作者简介:

苏 鹏 (1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统稳定与控制、人工智能在电力系统中应用。

刘天琪 (1962-), 女, 博导, 教授, 研究方向为电力系统分析计算与稳定控制、高压直流输电、调度自动化。

(收稿日期: 2009-03-01)